

ANÁLISE DA MICROMEDIÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA POTÁVEL DOMICILIAR E SUA INFLUÊNCIA NO CÁLCULO DAS PERDAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO¹

Micro-measurement of domestic drinking water volume and its influence on the calculation of losses in the distribution system

Elsio Júnior Bonati Borges^()*

Resumo

A acelerada degradação dos recursos hídricos naturais, juntamente com a crescente demanda por água potável, faz com que programas de combate às perdas desse bem essencial se tornem cada vez mais indispensáveis aos gestores ambientais. Este trabalho se encontra inserido neste contexto, com o objetivo de avaliar a magnitude do erro de medição do parque de hidrômetros instalados na cidade de Uberlândia-MG quando sujeitos às variações de demanda. Nesse sentido, buscou-se comparar o equipamento comumente utilizado com sistemas mais sensíveis à medição de baixas vazões, para verificar a confiabilidade da micromedição realizada e servir como subsídio para o cálculo dos indicadores de perdas. A avaliação mostrou que o aparelho com maior sensibilidade totalizou, em média, um volume 13,56% superior ao do hidrômetro normalmente utilizado.

Palavras-chave: Perdas de Água. Medição de Água. Micromedição. Hidrômetro.

Abstract

The accelerated degradation of natural hydric resources, along with the increasing demand for drinking water, urge for programs which deal with the losses of this essential good, and that are essential for environmental managers. This work is inserted in this context, with the objective of evaluating the magnitude of the measurement error of the hydrometers installed in Uberlândia-MG when subjected to consumption variations. There have been comparisons of the equipment commonly used with systems that are more sensible to the measurement of low flows, in order to verify the reliability of the micro-measurement accomplished and serve as subsidy for the calculation of the indicators of losses. The evaluation showed that the equipment with larger sensibility totaled, on average, a volume 13.56% higher than the more commonly used hydrometer.

Keywords: Water Losses. Water Measurement. Micro-measurement. Hydrometer.

¹Artigo retirado da Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, sob orientação do prof. Dr. Laerte Bernardes Arruda, em 2007.

^(*)Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Uberlândia, doutorando em Engenharia Mecânica pelo Programa de Pós-Graduação em Mecânica, da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail: elsio.bonati@bol.com.br.

Texto recebido em: 28 jul.2016. Texto aprovado em: 30 Ago. 2016.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, mesmo sendo um país que desfruta de uma grande oferta de recursos hídricos naturais, não se encontra livre dos problemas de escassez de água e desabastecimento público. Este problema ocorre não apenas em regiões isoladas de baixa disponibilidade hídrica (a exemplo do semi-árido nordestino), mas também em alguns aglomerados urbanos e regiões metropolitanas, onde as demandas de recursos causadas pela urbanização são insuficientes perante suas disponibilidades e degradações. Portanto, programas de combate ao desperdício de água devem ser parte integrante de planos estratégicos federais, estaduais e municipais, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos no país. Infelizmente esse controle atualmente é raro nas companhias de saneamento, fazendo com que os índices de perdas observados, mesmo com todas as dificuldades para obtenção destes números, alcancem valores exorbitantes, como de 71,3%, conforme citado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (2004).

Expandindo ainda mais este problema, nota-se um grande desperdício de dinheiro e trabalho para se tratar e distribuir uma quantidade de água de abastecimento que não chegará ao seu consumidor final ou simplesmente não será registrada pelos aparelhos medidores, fazendo com que não seja faturada pela companhia de saneamento e nem seja do conhecimento do consumidor. Com isso as perdas de água potável demonstram ser mais do que um problema ambiental, mas também econômico-financeiro tanto das companhias de saneamento como dos usuários que pagam pelo sistema. Interferem também no processo de conscientização da população quanto ao seu real ou ideal consumo, o qual, de acordo com a Organização das Nações Unidas - ONU apud Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP (1996), corresponde a um volume de 3,3 m³/habitante/mês, ou seja, cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene de uma pessoa.

O objeto de estudo desta pesquisa é o parque de hidrômetros instalados na área urbana da cidade de Uberlândia-MG, o qual é administrado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto - DMAE, companhia que demonstra ter uma grande preocupação e empenho em relação ao assunto aqui tratado tanto na obtenção de dados confiáveis, como em soluções efetivas para atenuar o problema.

2 PERDAS DE ÁGUA: definição, classificação e causas

O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA (2004a) define que as perdas de água no abastecimento público, do ponto de vista operacional, correspondem aos volumes de água não contabilizados e se subdividem em dois tipos, a saber, as perdas reais (físicas), as quais representam a parcela não consumida, e as perdas aparentes (não físicas) que correspondem à água consumida e não registrada. A perda real ou física corresponde ao volume de água que se perde durante as fases de captação até a distribuição, de forma que não chega a passar pelo hidrômetro do usuário. Também estão incluídos, neste grupo, procedimentos operacionais essenciais para a manutenção do sistema, os quais podem consumir grande volume de água, como os verificados na lavagem de filtros na Estação de Tratamento de Água - ETA e nas descargas na rede de distribuição. A Tabela 1 resume as origens das perdas físicas e a parte do sistema a que ela corresponde.

Tabela 1 - Quadro explicativo sobre as perdas físicas de água.

	Parte do sistema	Origem da perda
P E R D A S F Í S I C A S	Captação	Vazamento na adução Limpeza do poço de sucção Limpeza do desarenador
	Estação de Tratamento	Vazamentos nas estruturas Lavagem de filtros Descarga de lodo
	Reservação	Vazamentos nas estruturas Extravasamentos Limpeza
	Adução	Vazamentos na tubulação Descargas
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas

Fonte: PNCDA, 1999b, p.11.

A perda aparente ou não-física ou até mesmo chamada de comercial corresponde ao volume de água que chega até o usuário final, mas, por alguma razão, não é contabilizado pelos aparelhos medidores, ou seja, não é faturado pela companhia de saneamento. Ligações irregulares ou clandestinas, violações de lacre e hidrômetros temporariamente invertidos ou inclinados, são alguns exemplos de perdas aparentes do tipo deliberadas (provocadas pelos próprios consumidores, com ou sem auxílio técnico). Economias que utilizam hidrômetros avariados, com vida útil além da prevista,

capacidade de medição inadequada, ou ainda a existência do conjunto reservatório torneira-bóia de modo que proporcione pequenas vazões na fase final de enchimento e provoque submedição pelos aparelhos medidores, se caracterizam como exemplos de perdas comerciais do tipo não deliberadas, ou seja, resultantes das próprias características do sistema (PNCDA, [1997], p.23,24). A confiabilidade do cadastro comercial, a forma de faturamento, cobrança e arrecadação implantada, ou melhor, o nível de eficiência da gestão comercial observada nas companhias de saneamento também se relaciona a esse tipo de perda.

A perda de água, tanto real como aparente, é um dos maiores problemas enfrentados pelos serviços de abastecimento de água de todo o mundo (LIEMBERGER, [2002], p.1).

Há também os desperdícios de água tratada que ocorrem após o hidrômetro, ou seja, de responsabilidade dos usuários que habitam o imóvel. Suas causas mais comuns são vazamentos internos à edificação, pontos de utilização de água que consomem volumes além do necessário, ou hábitos inadequados dos consumidores.

Conforme avaliado por Bustamante (2002), um programa de redução e controle de perdas de água deve manter planos de ações permanentes enfocados a atender problemas na macromedição, micromedição, vazamentos, controle de fraudes e manutenção de redes.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO EM RELAÇÃO ÀS PERDAS DE ÁGUA

A fim de classificar o nível em que as perdas de água se encontram em um determinado município, pode ser utilizada a classificação da Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do sistema distribuidor em relação ao índice de perdas.

Índice de Perdas Total	Classificação
Acima de 40%	Inadequado
Entre 30% e 40%	Regular
Entre 25% e 30%	Satisfatório
Abaixo de 25%	Adequado

Fonte: SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS, 2004, p.41.

Conforme a estimativa de Pinheiro (2003), *existe no Brasil um índice médio de perdas nos sistemas de tratamento e distribuição, somadas as perdas físicas e*

comerciais da água captada, de 40,4%. Este valor médio se encontra classificado conforme tabela anterior como inadequado. A redução das perdas reais significa uma diminuição dos custos de produção e aumento da oferta de água sem a expansão do sistema produtor, enquanto que a diminuição no índice de perdas aparentes significa o aumento da receita tarifária para as companhias de saneamento, aumentando seu desempenho financeiro, além de contribuir indiretamente para a oferta efetiva de água. Segundo Berrittella et al. (2007), a tendência é que haja um rápido crescimento da população juntamente com um crescente aumento do consumo de água per capita, o que agrava ainda mais o problema de escassez de água. Com isso, soluções para aumentar a oferta de água sem a expansão dos sistemas produtores se tornam cada vez mais indispensáveis. "Tanto do ponto de vista econômico como ecológico e de segurança, o controle das perdas de água é um dos aspectos de maior importância para a gestão de um abastecimento" (CAMPA, [ca.1990], p.1).

2.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS PERDAS REAIS E AS APARENTES

Por meio do trabalho elaborado pela SABESP apud PNCDA (2004a) na Região Metropolitana de São Paulo, é possível identificar e quantificar as perdas reais e as aparentes, ficando claro a grande relevância das perdas comerciais no sistema, 54,8% do total das perdas, sendo que em sua composição, a maior parte é causada por deficiências na micromedição (29%), conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3- Distribuição das perdas na Região Metropolitana de São Paulo.

Tipo de perda	Volume (m ³ /ano)	Perdas Reais (%)	Perdas Aparentes (%)	Perdas Totais (%)
Vazamentos	271.806.951	45,2	-	45,2
Macromedição	19.414.782	-	3,2	3,2
Micromedição	174.733.040	-	29,0	29,0
Gestãocomercial	135.903.475	-	22,6	22,6
Total	-	45,2	54,8	100,0

Fonte: SABESP, 2001 apud PNCDA, 2004a, p.30.

É evidente que o sucesso dos programas de redução de perdas de água utilizados pelas companhias de saneamento é diretamente proporcional à eficiência da micromedição realizada, de forma que garanta uma medição justa e confiável (GARCIA, 2003, p.16).

3 A MEDIÇÃO DE ÁGUA E SUAS CARACTERÍSTICAS

O aparelho medidor usualmente utilizado para a medição da quantidade de água consumida pelos usuários é o hidrômetro, de forma que pela diferença de leitura de seu relógio mostrador (inicial e final) se encontra o volume consumido naquele espaço de tempo. "No Brasil, a maioria dos medidores instalados é de turbina, do tipo monojato e multijato e de hélice ou Woltmann" (PNCDA, 2004b, p.17). Essa característica se deve ao fato dos medidores tipo turbina apresentarem várias características favoráveis, tais como: custo mais baixo, simplicidade de manutenção, tamanho compacto, menor sensibilidade a sólidos em suspensão na água, baixa perda de carga e possibilidade de funcionamento além dos limites de projeto em condições emergenciais. Além dos hidrômetros velocimétricos existem também os volumétricos, os eletrônicos, os especiais com proteção contra fraude e aqueles com configuração diferenciada para leitura frontal.

Várias características devem ser analisadas durante o processo de escolha para a compra do medidor, a fim de otimizar seu funcionamento. Tais características são: tipo do hidrômetro, tipo de transmissão, tipo do dispositivo totalizador, característica do mostrador, bitolas, dimensões, materiais constituintes, etc. No entanto, a vazão se tornou a principal referência, de modo que o Regulamento Técnico Metroológico aprovado pela Portaria do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO nº 246 de 17.10.2000 apud PNCDA (2004b), estabelece que os hidrômetros devem ser fabricados para uma das seguintes vazões nominais, em m³/h: 0,6 - 0,75 - 1,0 - 1,5 - 2,5 - 3,5 - 5,0 - 6,0 - 10,0 - 15,0.

Sabe-se que o aparelho durante seu uso na medição do consumo é submetido a diferentes valores de vazão, em função das características de uso nos pontos de consumo. Este fator está intimamente ligado aos erros de medição desses hidrômetros. Esses erros podem ser graficamente demonstrados através de testes em bancada e fórmulas matemáticas, resultando na curva de erros, conforme apresentado na Tabela 3.

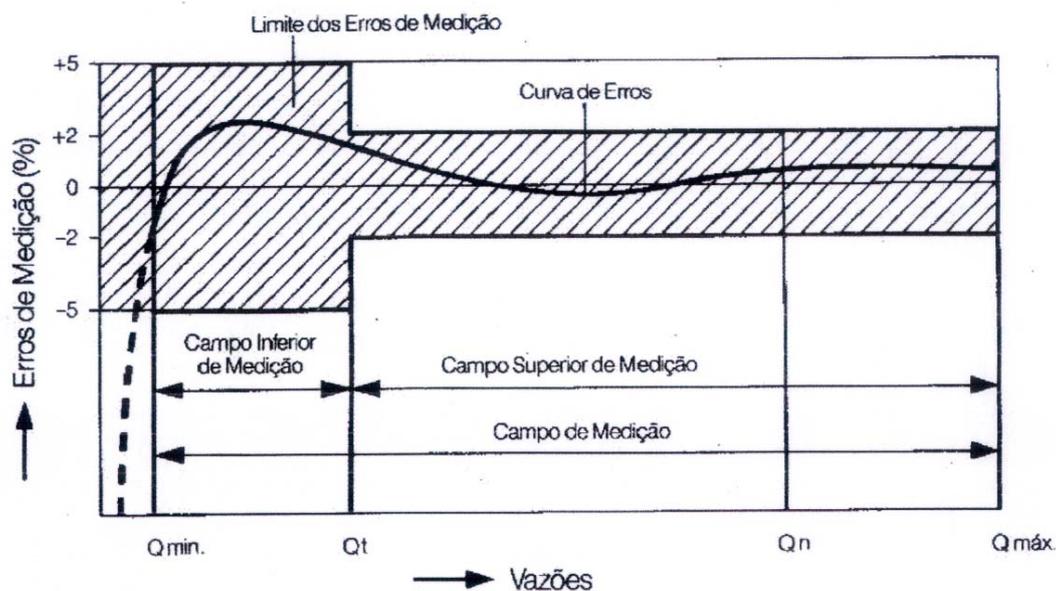


Tabela 4 - Curva de erros dos hidrômetros.

Fonte: PNCDA, 2004b, p.20.

Sobre a curva de erros, foram adicionados os valores limites de erros admissíveis de acordo com a Portaria do INMETRO nº 246/00 apud PNCDA (2004b), conforme os diferentes valores de vazões características. A Portaria define cinco vazões características (em m^3/h):

- . Vazão nominal (Q_n) - maior vazão em que o medidor deve funcionar nas condições usuais de utilização. Corresponde a 50% da vazão máxima. Para essa vazão os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%;
- . Vazão máxima ($Q_{máx}$) - maior vazão em que o medidor deve funcionar em um curto período de tempo. Para essa vazão os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%. É utilizada ainda na verificação da perda de carga do hidrômetro;
- . Vazão de transição (Q_t) - aquela acima da qual o medidor deve funcionar nas condições usuais de utilização. Seus limites de erros máximos admissíveis na medição do volume estão entre +2% e -2%;
- . Vazão mínima (Q_{min}) - menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis. Os limites de erros máximos admissíveis na medição do volume, na faixa de vazões que vai da Q_{min} inclusive, até a Q_t , exclusive, estão entre +5% e -5%;

. Vazão de início de movimento - aquela a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicação de volume, ou seja, sai da inércia e inicia o movimento. Não está associada a nenhuma condição exigível quanto ao valor do erro.

Outra característica importante dos hidrômetros, estabelecida pela Portaria do INMETRO nº 246/00 e pela Norma Brasileira - NBR NM 212/99 apud PNCDA (2004b), é a classe metrológica, a qual varia de "A" a "C" e relaciona os erros de medição com as vazões, exigindo valores de Q_{min} e Q_t menores no sentido de "A" para "C" (ver Tabela 4).

Tabela 4 - Vazões características de hidrômetros segundo sua Classe Metrológica e Vazão Nominal.

Classe Metrológica	Qcaract. (L/h)	Vazão Nominal - Q_n (m ³ /h)								
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	10,0	15,0
A	Q_{min}	24	30	40	60*	100	140	200	400	600
	Q_t	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
B	Q_{min}	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	Q_t	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
C	Q_{min}	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	Q_t	9	11	15	22,5	37,5	52,5	75	150	225

Fonte: NBR 212/99 apud PNCDA, 2004b, p.23.²

"De maneira geral, os hidrômetros, objeto da Portaria 246/00, apresentam erros de medição mais elevados quando medem sob vazões muito pequenas comparativamente à sua vazão nominal" (PNCDA, 2004b, p.19).

4 AS FORMAS DE ABASTECIMENTO PREDIAL

A forma de abastecimento predial do tipo direta é aquela em que os aparelhos e peças são alimentados diretamente pelo sistema de distribuição pública, enquanto que, na forma indireta, os pontos de consumo são abastecidos a partir de um reservatório domiciliar. Na forma mista alguns pontos são abastecidos de maneira direta e outros indireta, representando o caso mais comum no Brasil e o que mais sujeita o hidrômetro a grandes variações de vazão.

² A Norma NBR 212/99 (norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT/Mercosul) indica como vazão mínima de hidrômetros de vazão nominal 1,5 m³/h, Classe A, o valor de 60 L/h, especificação igual à expressa na norma ISO 4064. No entanto, é feita uma observação no capítulo de introdução da Norma ressaltando que no Brasil a vazão mínima desse medidor é historicamente de 40 L/h.

Os reservatórios dos imóveis são abastecidos por meio de torneiras-bóia, as quais controlam a entrada de água de acordo com o nível dos mesmos. Ao se utilizar alguns pontos de consumo, ligados ao sistema, percebe-se um pequeno rebaixamento do nível de água do reservatório, principalmente naqueles que possuem uma grande área superficial, fazendo com que a torneira-bóia abra apenas parcialmente até que se restabeleça o nível d'água. Nota-se também a ocorrência deste fenômeno na fase final de enchimento do reservatório. Quando ocorre algum destes casos, e, simultaneamente, não existe consumo de água nos pontos ligados de forma direta e nem vazamentos no ramal predial, poderão passar pelo hidrômetro vazões inferiores às mínimas de especificação do aparelho, causando então a submedição, ou seja, o volume registrado por ele é menor do que o real. Uma maneira de solucionar este problema seria o desenvolvimento e a utilização de uma torneira-bóia que não permitisse a abertura parcial do bocal, de forma que funcionasse ou totalmente fechada ou totalmente aberta. Outro equipamento que procura atenuar o problema da submedição dos hidrômetros é a válvula de bloqueio tipo *UnmeasuredFlowReducer* - UFR da A.R.I. *FlowControlAccessories*, ou similar, a qual é instalada a montante do hidrômetro e permite que o fluxo de água que passa pelo aparelho seja em bateladas, com o objetivo de sensibilizar o equipamento medidor. No entanto, é essencial a realização de estudos para um maior conhecimento sobre a submedição ocorrida nos hidrômetros, até para que haja aceitação e utilização em larga escala destes aparelhos que visam melhorar a confiabilidade da micromedição de água potável.

Como já enunciado anteriormente, as perdas comerciais causadas por submedição nos hidrômetros constituiu o objeto principal de estudo desta pesquisa, devido ao fato de serem uma grande preocupação dos prestadores de serviços em saneamento.

A forma de avaliação será por comparação das medições efetuadas em equipamentos utilizados em Uberlândia-MG (de classe B), com as de sistemas mais sensíveis, principalmente a baixas vazões (classe C).

5 AS CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE ÁGUA

A Tabela 5 permite concluir que as vazões que passam pelos medidores, em grande parte do tempo são muito baixas, inferiores às vazões mínimas (Q_{min}) de especificação dos hidrômetros normalmente utilizados no Brasil.

Tabela 5 - Valor de vazão abaixo da qual os hidrômetros operam em 50% e 90% do tempo, em função da classe de consumo.

Classes de volume consumido Por mês (m ³ /mês)		Vazão (L/h) abaixo da qual o Hidrômetro funciona	
		50% do tempo	90% do tempo
C1	Até 5	0	20
C2	5 a 10	5	40
C3	10 a 20	7	75
C4	20 a 30	12	100
C5	30 a 45	18	140
C6	45 a 65	30	200
C7	65 a 90	60	250

Fonte: Montenegro, 1987 apud PNCDA, 2004b, p.42.

No entanto, para que esta análise tenha influência significativa sobre o volume totalizado pelo hidrômetro durante o período de medição, geralmente de um mês, a porcentagem total de escoamento nestes períodos de submedição deve ser relativamente grande.

Há uma tendência de redução do consumo de água com a utilização de aparelhos sanitários economizadores. Isso implica em vazões reduzidas principalmente quando utilizados isoladamente (aumentando a possibilidade delas serem inferiores à vazão de transição dos hidrômetros, o que tende a aumentar ainda mais a submedição). Alguns exemplos destes aparelhos são: registros com fechamento automático para lavatórios e mictórios, dispositivo limitador de vazão de 6 litros por minuto em chuveiros, além de vasos sanitários e caixas de descarga com volume de consumo reduzido a 6 litros.

Conforme dado extraído do PNCDA (1999a), o consumo de água potável em residências, durante a noite, é baixo (cerca de 0,10 l/hab./h, segundo estudo para a Região Metropolitana de São Paulo), o que justifica a idéia de que as baixas vazões estão presentes também no período noturno.

O PNCDA (2004c) apresenta um trabalho elaborado sob a supervisão técnica do Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo - LAO e em parceria com o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André - SEMASA no qual compara hidrômetros unijatos da classe "C" com os da classe "B", simultaneamente em campo, chegando-se à conclusão de que o hidrômetro classe "C" mediu um volume 12% superior ao registrado

pelo aparelho classe "B". Este dado direciona e fundamenta ainda mais a presente pesquisa, dado que a diferença de medição apresentada pelos medidores foi bastante significativa.

Uma micromedição eficiente, além de constituir um importante dado para se chegar a um confiável índice de perda, proporciona outras vantagens às companhias de saneamento e usuários, tais como:

- maior sensibilidade na detecção de vazamentos não visíveis internos às edificações;
- fornecimento de informações mais precisas para a previsão de demandas futuras de água para sistemas de abastecimento;
- obtenção de tarifas justas e confiáveis, a fim de refletir o consumo de água pelos usuários, o mais próximo possível do real, importantes para induzir comportamentos de conservação do recurso natural, diminuindo os desperdícios.

6 DIMENSIONAMENTO DOS HIDRÔMETROS

Para a correta escolha do aparelho medidor de água é necessário verificar as condições às quais ele será submetido. Dentre elas se enquadram temperatura, pressão, qualidade da água, além das condições de instalação do equipamento e as vazões de consumo. Esta última característica interfere em muito na qualidade da medição efetuada e é essencial que esteja dentro das faixas e condições de trabalho do aparelho. Se a vazão de consumo exceder a máxima do medidor, podem ocorrer grandes avarias no hidrômetro, que vão desde desgastes, que acarretarão em prejuízos à medição, até a danificação total do aparelho. Já no caso dessa vazão ser muito baixa, é possível acontecer perdas aparentes por submedição. Com isso é necessário, para dimensionar corretamente um hidrômetro, que sejam determinadas as vazões de consumo com as quais o aparelho irá trabalhar. Para isso existe a maneira indireta de levantamento, na qual essas vazões são estimadas levando em conta o tipo, porte e características das instalações prediais e ocupacionais, além da maneira direta, por meio do levantamento do perfil de consumo a partir da instalação de registradores contínuos, conhecidos como "*data logger*". A definição da classe metrológica do hidrômetro é muito importante, pois está intimamente ligada às perdas por submedição.

No entanto, de forma a facilitar a aquisição de dados para a tomada de decisão quanto ao dimensionamento dos hidrômetros, generalizou-se nas companhias de

saneamento, inclusive na aqui analisada, a utilização do volume consumido em um período, geralmente de um mês, para realizar este cálculo. Para isso são adotados parâmetros simplificados, que caracterizam a utilização do prédio analisado, conforme mostrado na Tabela 6, que tem como objetivo estimar o consumo em função de sua tipologia ocupacional e construtiva.

Tabela 6 - Estimativa de consumo predial.

Prédios	Consumo (Litro/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (semi-internatos)	100 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurante e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderia	30 por kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros (animais de grande porte)	300 por cabeça abatida
Matadouros (animais de pequeno porte)	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviço para automóvel	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ²
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Ambulatório	25 per capita
Creche	50 per capita
Oficina de costura	50 per capita

Fonte: DMAE, 1982.

Sabe-se que esse método não apresenta o real funcionamento do medidor, estimando as vazões a que o aparelho será submetido. Apresenta grande imprecisão, podendo ocasionar problemas, devendo assim ser usado com muito cuidado.

A referência de dimensionamento para esse trabalho será o modelo por vazão estimada, com simulação em residências unifamiliares e forma de abastecimento do tipo misto, considerando os seguintes aparelhos ligados diretamente ao sistema público de abastecimento: uma torneira de jardim e uma torneira de tanque. A NBR 5626/98 estabelece a metodologia para a estimativa da vazão dessas peças (ver Tabela 7).

Tabela 7 - Peso relativo dos aparelhos.

Peça ou aparelho	Peso relativo
Torneira de jardim	0,4
Torneira de tanque	0,7
ΣP	1,1

Fonte: NBR 5626, 1998.

Com a utilização do processo estabelecido pela NBR 5626/98 e processando os dados demonstrados anteriormente na fórmula que estabelece a vazão que considera a simultaneidade provável de utilização de peças, dada pela expressão $Q = 0,3 \cdot \sqrt{\Sigma P}$, estima-se que o valor de vazão que estes aparelhos solicitarão durante suas utilizações, esteja na ordem de 1.133 l/h.

Além da NBR 5626/98, foi utilizada a referência obtida por Montenegro (1986) apud PNCDA (2004b), a qual estabelece uma vazão de 300 l/h como típica de uma torneira-bóia controlando a alimentação do reservatório, conforme estudos realizados na Região Metropolitana de São Paulo.

Somando a parcela referente ao abastecimento direto (1.133 l/h) com a referente ao abastecimento indireto (300 l/h), chega-se a um valor de vazão total de solicitação do hidrômetro da ordem de 1.433 l/h. É mencionado no documento elaborado pelo PNCDA (2004b), que os valores associados à Tabela 2.7, condizem com uma pressão de referência de 100 KPa. Sabe-se que na rede de distribuição de água as pressões podem variar de 0,1 a 0,5 MPa, sendo que, para essa alta pressão, a bibliografia citada anteriormente aconselha multiplicar a vazão estimada por um fator de correção de 1,45. Portanto, para que se evite que os hidrômetros avaliados percebam vazões superiores às máximas recomendadas, o que pode ocasionar danos aos equipamentos, adotou-se nesta pesquisa o aparelho com vazão nominal de 1,5m³/h e máxima de 3,0 m³/h.

Os resultados obtidos no trabalho de campo se mostraram coerentes com o esperado, de maneira que o aparelho especial utilizado na pesquisa (classe C) obteve, em todas as amostras, uma medição de volume superior à do hidrômetro comumente utilizado na cidade de Uberlândia-MG (classe B). No entanto, o desvio padrão encontrado foi significativo (7,10693%), ou seja, os resultados apresentaram oscilações

consideráveis de imóvel para imóvel, apresentando médias de diferenças de medição variando de 3,18% a 24,87%. A *performance* dos aparelhos classe B utilizados na pesquisa, pareceu ser uma explicação para essa grande diferença entre os resultados obtidos em relação aos imóveis analisados. A média final da diferença de medição entre os equipamentos avaliados para as amostras realizadas foi de 13,56%, parâmetro este muito importante para a obtenção de um índice de perdas mais confiável quando da comparação dos volumes macromedidos com os micromedidos.

O valor desse coeficiente é dinâmico, haja vista as intensas ações realizadas pelo DMAE com o intuito de melhorar a micromedição realizada, possuindo então, forte tendência de redução. Algumas das ações de combate à submedição, realizada pelo DMAE, é a troca regular de hidrômetros e a aferição dos novos aparelhos em bancada apropriada.

7 CONCLUSÃO

O presente trabalho contribuiu, principalmente, de forma a quantificar a diferença de medição de volume ocorrida entre aparelhos medidores com sensibilidades distintas, avaliando a confiabilidade da micromedição realizada como fonte de dados para a obtenção dos índices de perdas. No entanto, existem inúmeras lacunas a serem preenchidas para o entendimento sobre a totalização dos erros de medição em função da vazão observada ao longo do tempo. Uma variável de grande importância para o entendimento desta questão, a qual, não foi determinada nesta pesquisa, é o levantamento dos histogramas de consumo das amostras por meio de registradores contínuos. A avaliação deve ser estendida também aos outros tipos de hidrômetros instalados na cidade, os quais não foram abrangidos por esta pesquisa, com o objetivo de se conhecer todo o universo de medição de volume de água efetuado pelo órgão.

A eficiência da micromedição, além de estar relacionada com a determinação de um índice de perdas de água mais confiável, se encontra relacionada ao prejuízo financeiro das companhias de saneamento, sendo outro importante fator a ser avaliado em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- A.R.I. FlowControlAccessories. *Descrição Técnica do Produto UFR – UnmeasuredFlowReducer*. Israel, 2006. Catálogo comercial.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626: Instalações Prediais de Água Fria*. Rio de Janeiro, 1998.
- BERRITTELLA, M. et al. *The economic impact of restricted water supply: A computable general equilibrium analysis*. WaterResearch. v. 41, n. 7, p. 1799, 2007.
- BUSTAMANTE, F.D. El programa de reducción de pérdidas de empresas públicas de Medellín. In: Seminário Internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, 2002, Recife. *Artigos Técnicos*. Colômbia: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 2002. 22p.
- CAMPA, J.J.A. *Control de las pérdidas de agua en sistemas de abastecimiento*. Espanha: [ca.1990]. Disponível em: <<http://members.fortunecity.com/perdasdagua/links.html>>. Acesso em: 17 mar. 2007.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. São Paulo: Programa de Uso Racional da Água, 1996. *Economia em casa*. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=DAE20C6250A162698325711B00508A40>. Acesso em: 20 mar. 2007.
- DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO - DMAE (Uberlândia). *Código de Instalações Hidráulicas*. Uberlândia, 1982.
- GARCIA, M.A. Micromedição eficiente. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33., 2003, Santo André. *Trabalhos Técnicos sobre Água*. Campinas: SANASA, 2003. 16p.
- LIEMBERGER, R. Do you know how misleading the use of wrong performance indicators can be? In: Seminário Internacional sobre programas de redução e controle de perdas em sistemas de abastecimento de água, 2002, Recife. *Artigos Técnicos*. Áustria: Bristol Water Services, [2002]. 17p.
- PINHEIRO, L.J. Perdas comerciais - a fiscalização, os medidores e os clientes. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33., 2003, Santo André. *Trabalhos Técnicos Institucional*. Santo André: SEMASA, 2003. 3p.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD. Brasil: Reportagens, 2004. *Empresas perdem 40% da água produzida*. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=112&lay=san>>. Acesso em: 18 mar. 2007.
- PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Controle da pressão na rede*: Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999a. 43p. Documento Técnico de Apoio D1. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D1.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Elementos de análise econômica relativos ao consumo predial*: Secretaria de Política Urbana. Brasília, [1997]. 50p. Documento Técnico de Apoio B1. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_B1.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004a. 80p. Documento Técnico de Apoio A2. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_A2.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Medidas de redução de perdas - elementos para planejamento*: Secretaria de Política Urbana. Brasília, 1999b. 31p. Documento Técnico de Apoio C3. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_C3.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Micromedição*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004b. 171p. Documento Técnico de Apoio D3. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D3.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA. *Panorama dos sistemas públicos de abastecimento no país - casos selecionados de estratégias de combate ao desperdício de água*: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2004c. 76p. Documento Técnico de Apoio C2. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_C2.pdf>. Acesso em: 10 set. 2005.

SANTORE ZWITER ENGENHEIROS ASSOCIADOS. *Plano diretor de gestão estratégica*. Uberlândia, 2004. v.3. Arquivo do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia.

(Recebido em junho de 2016; aceito em julho de 2016)